

理科問題紙

平成 30 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 24 までの 24 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

物 理

1 次の各問いに答えなさい。なお、数値解は有効数字2桁とする。

問 1 質量数 131 のヨウ素の半減期は 8.0 日である。最初 5.0×10^4 Bq の放射能があったとする。80 日後の放射能の値はいくらか。なお、放射能の大きさは、当該の原子核の個数に比例する。

問 2 波長が 500 nm の光の振動数はいくらか。ここで、真空中の光速の値は 3.0×10^8 m/s とする。

問 3 金属に紫外線を照射したら、金属表面から電子が飛び出した。この効果を何というか。

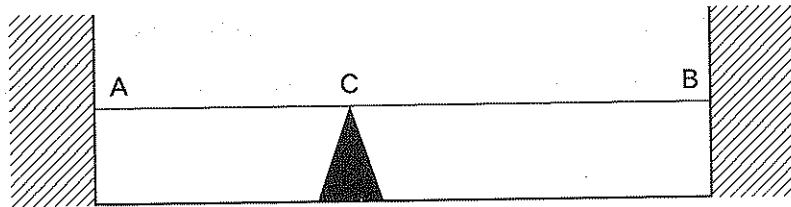
問 4 次の()に、適切な言葉を入れなさい。

原子は、原子核と、その周りを運動する(①)からなる。原子核は、(②)と(③)の粒子からなる。②の個数は、(④)番号に等しい。

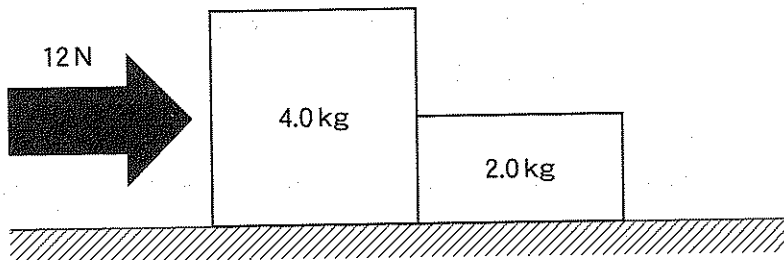
問 5 消費電力 50 ワットの電球が、10 時間使用された。この時、消費されたエネルギーの総量はいくらか。ジュール単位で答えなさい。

問 6 20 °C、200 g の水に 80 °C に熱した 300 g の鉄球を入れた。熱は外部に漏れることなく熱平衡に達した。このとき水は何°Cになるか。ただし、鉄の比熱を 0.44 J/(g·K)、水の比熱を 4.2 J/(g·K)とし、蒸発した水はないものとする。

問 7 弦が距離 L となる AB 間で、張力一定となるように、たるみなく張られている。いま AC 間の距離 M となる位置 C で弦を固定して AC、CB の中央部を同時に指ではじいたところ、弦は基本振動数で振動し毎秒 N 回のうなりが生じた。C の位置で固定していないときの弦 AB の基本振動数を文字式で表しなさい。なお、弦を伝わる波の速さは、C で固定の有無に関わらず、AB 間で一定であるとする。



問 8 4.0 kg と 2.0 kg の二つの箱が水平な床の上にある。図のように二つの箱を並べて、4.0 kg の箱を 12 ニュートン (N) の力で押したことにより、二つの箱は同じ加速度で運動した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 、床と箱の動摩擦係数を 0.30 としたとき、4.0 kg の箱が 2.0 kg の箱を押す力の大きさはいくらか。



2 真空中で二つの物体 A と B の運動を考える。それぞれの質量は M と m の質点とする。ここで、B に比べて A の質量は圧倒的に大きい。質量以外の特性は無視できる。A と B との間に万有引力が作用している。これらの物体以外の物質は A と B の運動に影響を及ぼしていないとする。万有引力定数を G とする。

最初、物体 AB 間の距離が L にあって、万有引力で作用しながらも固定されて、それぞれが静止している。時刻 $t = 0$ で、2 物体の固定が解けて、物体 B は、A と B とを結ぶ直線上を、A に向かって運動を開始した。A の質量が B に比べ極めて大きいため、A はほとんど動かない。ここで、A の運動は無視できるものとする。

問 1 初期 $t = 0$ で、物体 B が運動を開始するときの加速度の大きさはいくらか。

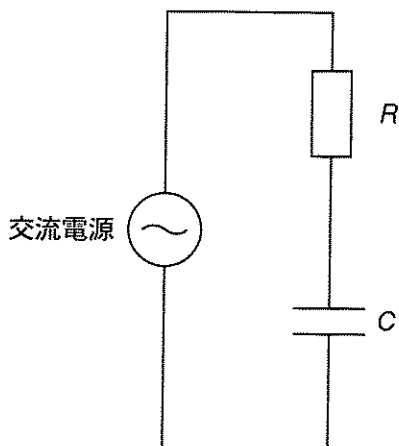
問 2 A と B が距離 x まで接近したとき、物体 B の速さはいくらか。

問 3 $x = \frac{L}{5.0}$ まで、両物体が接近したときの、物体 B の速さはいくらか。有効数字 2 桁で、数値で答えなさい。ここで、 $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 、A の質量 $M = 3.0 \times 10^{30} \text{ kg}$ 、B と A の質量比 $M/m = 2.0 \times 10^5$ 、 $L = 4.0 \times 10^{12} \text{ m}$ とする。

次に、物体 B が、A の周りを円運動する場合を考える。その回転半径を R 、回転の周期を T とする。

問 4 回転する B の周期 T を、 T 以外の与えられた文字で表しなさい。

- 3 図のように交流電源に抵抗 R の抵抗と電気容量 C のコンデンサが直列で接続されている。交流電源から流れる電流を角周波数 ω 、時間 t を用いて、 $I_0 \sin \omega t$ と表せるとき、以下の問いに答えなさい。



- 問 1 コンデンサの両端の電圧を文字式で表しなさい。
- 問 2 交流電源電圧と流れる電流との位相差を ϕ ($0 < \phi < \frac{\pi}{2}$) としたとき、交流電源電圧を ϕ を含んだ文字式で表しなさい。
- 問 3 交流電源電圧と流れる電流の位相差は $\frac{\pi}{4}$ であった。このとき、抵抗にかかる電圧の実効値を V 、交流電源電圧の実効値を E としたとき、その比 $\frac{V}{E}$ の値を数値で求めなさい。ただし、その解に平方根、分数、乗数が含まれていてもよいものとする。
- 問 4 この回路の平均消費電力を求めなさい。

